

PENENTUAN KAPASITAS TERMINAL KAPAL PENGANGKUT CURAH KERING DI PT. XYZ

AIDIL KURNIAWAN¹, ABADI GINTING²

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155
Email: aidil_ti07@yahoo.co.id
abadi_ginting@yahoo.co.id

Abstrak. PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang jasa kepelabuhanan yang melayani aktivitas bongkar/muat kapal bermuatan curah kering. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perusahaan diketahui bahwa kedatangan kapal per hari mencapai 5 kapal dengan lama pelayanan bongkar muat mencapai 3 hari per kapal yang masih menyebabkan terjadinya antrian pada terminal curah kering. Metode penelitian yang digunakan adalah pengujian distribusi pada data jumlah kedatangan kapal, data waktu antar kedatangan kapal, dan waktu pelayanan kapal dengan pendekatan pola sebaran poisson dan eksponensial untuk mengetahui model antrian yang digunakan. Hasil yang diperoleh yaitu data jumlah kedatangan kapal mengikuti distribusi poisson dan data waktu antar kedatangan kapal dan waktu pelayanan kapal mengikuti distribusi eksponensial dengan model antrian $M/M/3:FIFO/\infty/\infty$. Perhitungan terhadap atribut-atribut antrian diketahui bahwa $\lambda=0,7875$ $\mu=0,3168$ dengan jumlah rata-rata kapal dalam antrian L_q sebanyak $3,3576 \approx 4$ kapal dan waktu rata-rata kapal selama berada dalam sistem adalah 7,4202 hari. Tingkat aspirasi perusahaan yaitu jumlah rata-rata kapal dalam antrian tidak lebih dari 1 kapal dan waktu rata-rata kapal selama berada dalam sistem tidak lebih dari 4 hari, maka permasalahan antrian ini dipecahkan dengan memberikan usulan dengan menambah jumlah dermaga sebanyak 1 buah. Maka, jumlah rata-rata kapal dalam antrian menjadi 1 kapal sedangkan waktu rata-rata kapal selama berada dalam sistem menjadi tidak lebih dari 4 hari. Keadaan ini menyatakan bahwa masalah antrian pada terminal curah kering sudah dalam kategori sesuai dengan yang diinginkan oleh perusahaan.

Kata kunci: Kedatangan Kapal, Distribusi Poisson, Eksponensial, Model Antrian

Abstract: PT. XYZ is a company engaged in the field of port services that serve the activity loading/unloading dry bulk vessels loaded. Based on the interview with the company known that the arrival of ships per day up to 5 ships with a length of service up to 3 days per vessel is still causing queues on dry bulk terminal. The research method used was the distribution of test data on the number of boat arrivals, the data between the time of arrival of the ship, and the ship service time approaches poisson and exponential distribution patterns to determine the queuing model used. The results obtained by the data of ship arrivals follow Poisson distribution and arrival time data between ship and ship service time follows an exponential distribution with the queuing model $M/M/3: FIFO/\infty/\infty$. Calculation of the attributes of the queue is known that $\lambda = 0.7875$ $\mu = 0.3168$ with the average number of vessels in the queue $L_q \approx 3.3576$ as 4 boats and ships an average time while the system is 7.4202 days. With the aspiration level of company that the average number of vessels in the queue no more than one vessel and the average ship time while the system is no more than 4 days, the queuing problem is solved by giving suggestions to increase the number of dock as much as 1 unit. With this addition then, the average number of vessels in the queue to be one ship, while the average time for the ship to be in the system to no more than 4 days. This condition states that the problem of queues at the dry bulk terminal is in the category as desired by the company.

Keywords: Ship arrivals, Poisson Distribution, Exponential, Model Queue

¹ Mahasiswa, Fakultas Teknik Departemen Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara

² Dosen Pembimbing, Fakultas Teknik Departemen Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara

1. PENDAHULUAN

Terminal curah kering merupakan terminal yang banyak dikunjungi oleh kapal asing maupun domestik yang melayani aktivitas bongkar/muat berbentuk curah kering seperti bungkil, pupuk, biji jagung dan sebagainya. Jumlah kedatangan kapal yang lebih besar jika dibandingkan dengan rata-rata lama waktu pelayanan dapat menyebabkan terjadinya antrian pada terminal di pelabuhan.

Penelitian ini mengacu pada jurnal penelitian Rizky Abadi (2006) dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember mengenai antrian di Terminal Mirah Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Pada penelitian ini menggunakan metode uji distribusi pola kedatangan dan pola pelayanan bersifat eksponensial dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*, maka diperoleh model antrian $M/M/3:FIFO/\infty/\infty$ kemudian melakukan simulasi pada model antrian yang digunakan. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah data waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan bersifat eksponensial dengan Waktu tunggu yang terjadi di Terminal Mirah Pelabuhan Tanjung Perak untuk setiap proses simulasinya berada pada interval $12.0133 \text{ (jam)} \leq \text{waktu tunggu} \leq 16.4414 \text{ (jam)}$, sedangkan waktu pelayanan berada pada interval $20.9523 \text{ (jam)} \leq \text{waktu pelayanan} \leq 26.2240 \text{ (jam)}$.

Kapasitas terminal di suatu pelabuhan ditentukan oleh lamanya pelayanan dan banyaknya jumlah server yang dapat dipakai pada waktu bersamaan. Antrian yang terjadi disebabkan oleh kedatangan kapal yang lebih besar dari rata-rata waktu pelayanan kapal. Kedatangan kapal pada terminal curah kering mencapai 5 kapal per hari sedangkan waktu rata-rata pelayanan kapal mencapai 3 hari per kapal. Dengan keadaan ini maka dapat menyebabkan antrian kapal cukup tinggi. Antrian yang tinggi ini terjadi karena rendahnya kualitas pelayanan bongkar muat kapal pada terminal curah kering sehingga kapal memerlukan waktu yang lebih lama untuk melakukan kegiatan bongkar muat. Hal ini ditandai dengan terbatasnya peralatan dan fasilitas yang mendukung aktivitas bongkar muat kapal. Selain itu jumlah dermaga yang terbatas dibandingkan dengan jumlah kapal yang akan bersandar.

Dampak dari kondisi ini menyebabkan distribusi komoditi antar pulau menjadi tersendat yang menyebabkan harga barang menjadi melonjak sebesar antara 20 hingga 30% dan pembangunan ekonomi daerah menjadi tersendat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT. Pelabuhan Indonesia I Cabang Belawan pada terminal curah kering. Waktu penelitian dilaksanakan mulai 26 Juni 2012. Objek penelitian yang diamati adalah antrian kapal yang terjadi pada terminal curah kering terhadap kapasitas dermaga yang digunakan untuk menampung jumlah kapal yang akan melakukan bongkar muat. Jenis penelitian yang dilakukan ini adalah *description research* karena penelitian ini bertujuan untuk memaparkan aktivitas kedatangan kapal untuk melakukan kegiatan bongkar muat pada terminal curah kering.

2.1. Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah:

1. Wawancara
Peneliti melakukan wawancara dengan beberapa pihak terkait yang ada di Perusahaan untuk mengetahui fenomena yang terjadi pada terminal curah kering.
2. *Worksheet*
Worksheet, digunakan untuk mencatat data primer yang dikumpulkan seperti data jumlah kapal yang datang dan data kecepatan pelayanan kapal.

2.2. Metode Pengolahan Data

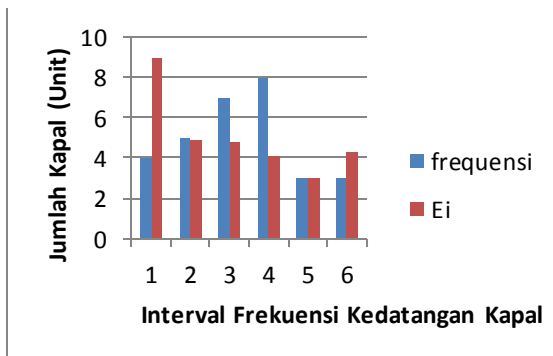
Data yang diperoleh dari tahap pengumpulan data kemudian diolah dengan menggunakan metode-metode pengolahan data agar inti permasalahan dapat diketahui dengan jelas dan dapat menjadi pertimbangan peneliti dalam mengambil keputusan. Metode pengolahan data yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengujian distribusi pada data waktu jumlah kedatangan kapal, data waktu antar kedatangan kapal dan data waktu pelayanan.
2. Perhitungan nilai atribut-atribut antrian yaitu tingkat kedatangan kapal (λ), tingkat pelayanan kapal (μ), tingkat kesibukan sistem (ρ), probabilitas tidak adanya kapal dalam sistem (P_0), jumlah kapal di garis antrian (L_q), waktu rata-rata kapal di garis antrian (W_A), jumlah kapal di dalam sistem (L_s), dan waktu rata-rata kapal di dalam sistem (W_s).
3. Perhitungan jumlah server optimum.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

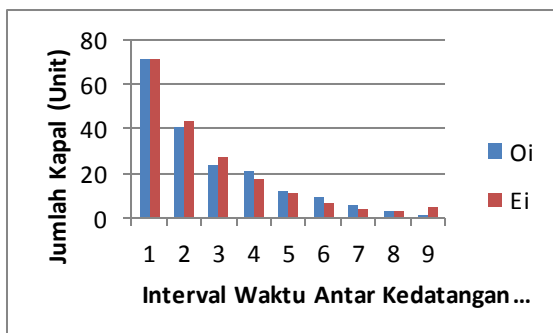
3.1. Pengujian Distribusi

Pengujian distribusi yang dilakukan yaitu uji distribusi poisson untuk data jumlah kedatangan kapal dan uji distribusi eksponensial untuk data waktu antar kedatangan kapal dan waktu pelayanan kapal dengan menggunakan uji chi-kuadrat. Hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut diketahui bahwa data jumlah kedatangan kapal mengikuti pola distribusi *poisson* dan data waktu antar kedatangan kapal serta waktu pelayanan kapal mengikuti pola distribusi *eksponensial*. Grafik pola distribusi data tersebut dapat dilihat pada Gambar 1, 2, dan 3 ditunjukkan oleh Oi merupakan Observasi data ke-i dan Ei merupakan ekspektasi data ke-i.



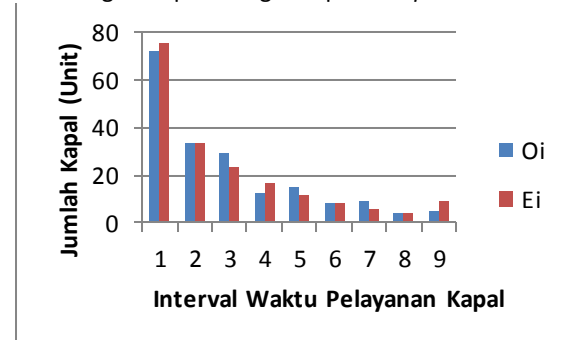
Gambar 1. Grafik Pola Distribusi Data Jumlah Kedatangan Kapal

Grafik di atas menunjukkan bahwa pola frekuensi data ke-i jumlah kedatangan kapal (unit) masih termasuk pola distribusi *poisson* dengan nilai perhitungan chi-kuadrat error masih lebih kecil dibandingkan dengan nilai chi-kuadrat tabel yaitu $7,9705 < 9,48773$. Hasil ini menunjukkan bahwa pola distribusi jumlah kedatangan kapal mengikuti pola *poisson*.



Gambar 2. Grafik Pola Distribusi Data Waktu Antar Kedatangan Kapal

Grafik di atas menunjukkan bahwa pola frekuensi data ke-i waktu antar kedatangan kapal termasuk pola distribusi *eksponensial* dengan nilai perhitungan chi-kuadrat error masih lebih kecil dibandingkan dengan nilai chi-kuadrat tabel yaitu $5,6734 < 14,0671$. Maka pola distribusi jumlah kedatangan kapal mengikuti pola *eksponensial*.



Gambar 3. Grafik Pola Distribusi Data Waktu Pelayanan Kapal

Grafik di atas menunjukkan bahwa pola frekuensi data ke-i waktu pelayanan kapal termasuk pola distribusi *eksponensial* dengan nilai perhitungan chi-kuadrat error lebih kecil dibandingkan dengan nilai chi-kuadrat tabel yaitu $7,1012 < 14,0671$. Hasil ini menunjukkan bahwa pola distribusi waktu pelayanan kapal mengikuti pola *eksponensial*.

3.2. Penentuan Model Antrian

Dengan melihat sistem antrian serta hasil pengujian distribusi untuk frekuensi kedatangan kapal, waktu antar kedatangan kapal dan waktu pelayanan kapal, diketahui bahwa pola kedatangan berdistribusi *Poisson*, waktu antar kedatangan kapal berdistribusi *Eksponensial*, dan waktu pelayanan kapal berdistribusi *Eksponensial*. Pada pelabuhan Belawan ditempatkan 3 server peraturan pelayanan yang pertama kali datang akan dilayani terlebih dahulu (*First Come First Serve*). Jumlah pengantri dalam sistem dan antrian serta sumber kedatangan pengunjung tak terbatas. Jadi sistem antrian pada Pelabuhan Belawan mengikuti model antrian (M/M/3) : (FIFO/∞/∞).

3.3. Perhitungan Tingkat Kedatangan Kapal

Analisis sistem antrian untuk tingkat kedatangan kapal (λ) didasarkan pada jumlah rata-rata kedatangan kapal pada interval waktu yang tetap.

$$\lambda = \frac{N}{I}$$

Dalam hal ini, data yang diambil adalah data yang diperoleh dari hasil pengamatan selama periode

Februari sampai dengan Oktober 2012. Sedangkan jumlah interval waktunya adalah 30 interval waktu pengamatan.

$$\lambda = \frac{(3 \times 1) + (4 \times 3) + \dots + (9 \times 3)}{30}$$

$\lambda = 6,3$ kapal per 8 hari

$\lambda = 0,7875$ kapal per hari

Jadi hasil perhitungan tingkat kedatangan kapal pada pelabuhan Belawan adalah 0,7875 kapal per hari.

3.4. Perhitungan Tingkat Pelayanan Kapal (μ)

Untuk perhitungan tingkat pelayanan, terlebih dahulu dihitung waktu rata-rata pelayanan.

Hasil perhitungan rata-rata waktu pelayanan adalah 3,157 hari per kapal.

$$\mu = \frac{1}{3,157} = 0,3168 \text{ kapal/hari}$$

Maka hasil perhitungan tingkat pelayanan kapal adalah 0,3168 kapal/hari.

3.5. Perhitungan Tingkat Kesibukan Sistem

Tujuan dari penawaran fasilitas pelayanan yang sama lebih dari satu adalah untuk memperpendek waktu antrian sistem. Jadi, ketika setiap penambahan k suatu fasilitas, maka secara rasional tingkat kedatangan kedalam suatu sistem juga akan berpengaruh. Berikut ini adalah rumus untuk menghitung tingkat kesibukan sistem.

$$\rho = \frac{\lambda}{k\mu}$$

Dengan jumlah *server* sebanyak 3 buah, maka tingkat kesibukan sistem dari objek pengamatan adalah 82,86%.

3.6. Probabilitas Tidak Adanya Kapal dalam Sistem (P_0)

Probabilitas tidak adanya kapal dalam sistem merupakan peluang saat sistem sedang kosong ataupun sedang tidak melayani kapal. Adapun perhitungan probabilitas tidak terdapatnya kapal di dalam sistem menggunakan rumus di bawah ini.

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{k-1} \left[\frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k}{k! \left(1 - \frac{\lambda}{k\mu} \right)}}$$

Maka probabilitas tidak adanya kapal dalam sistem adalah 0,0465 atau sebesar 4,65%.

3.7. Perhitungan Jumlah Kapal di Garis Antrian (L_q)

Pada saat melakukan pengamatan, terlihat bahwa ada kapal yang sedang mengantri untuk mendapatkan pelayanan. Oleh sebab itu, untuk mengetahui banyaknya kapal yang berada dalam garis antrian dapat dihitung dengan:

$$L_q = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \rho}{k!(1-\rho)^2} \times P_0$$

Dengan menggunakan rumus di atas maka jumlah kapal dalam antrian adalah 3,3576 atau kurang lebih sebanyak 4 kapal.

3.8. Perhitungan Waktu Rata-rata Kapal di Garis Antrian (W_A)

Kapal yang tiba pada Lampu-I akan menunggu apabila setiap *server* sedang terisi oleh kapal lain. Maka untuk menghitung waktu rata-rata kapal selama berada di garis antrian (Lampu-I) adalah sebagai berikut:

$$W_A = \frac{L_q}{\lambda}$$

Maka hasil perhitungan waktu rata-rata kapal di garis antrian adalah selama 4,2636 hari.

3.9. Perhitungan Jumlah Kapal di Dalam Sistem (L_s)

Selain mengetahui berapa banyak kapal yang berada dalam garis antrian, dapat juga dihitung berapa jumlah kapal yang telah berada dalam sistem tersebut. Maka, untuk mengetahui banyaknya kapal yang berada dalam sistem adalah:

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

Maka hasil perhitungan jumlah kapal dalam sistem adalah 5,8434 atau sebanyak 6 kapal.

3.10. Perhitungan Waktu Rata-rata Kapal di Dalam Sistem (W_s)

Kapal yang telah mengantri dan mendapat giliran untuk masuk ke dermaga akan keluar area apabila telah selesai melakukan kegiatan di pelabuhan. Maka waktu rata-rata yang dibutuhkan kapal

selama berada dalam sistem (termasuk menunggu di Lampu-l) adalah sebagai berikut:

$$W_s = W_A + \frac{1}{\mu}$$

Maka hasil perhitungan waktu rata-rata kapal selama berada di dalam sistem pelabuhan adalah selama 7,4202 hari.

3.11. Perhitungan Jumlah Sever Optimum

Dalam menentukan jumlah *server* optimum, dilakukan perhitungan terhadap atribut-atribut antrian dengan menambah jumlah *server* yang ada dengan menggunakan data historis yang ada untuk melihat perubahan dari penurunan kapal yang mengantri. Tabel 1 berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan jumlah *server* optimum.

Tabel 1. Perhitungan Jumlah Sever Optimum

| Jumlah Server | ρ | L_q (kapal) | W_A (Hari) | L_s (Kapal) | W_s (Hari) |
|---------------|--------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| 3 | 82,86% | 3,3576 | 4,2636 | 5,8434 | 7,4202 |
| 4 | 62,14% | 0,3745 | 0,4756 | 2,8603 | 3,6322 |
| 5 | 49,72% | 0,1014 | 0,1288 | 2,5872 | 3,2854 |

Dari perhitungan yang telah dilakukan pada Tabel 1 maka dalam menentukan jumlah *server* optimum digunakan model tingkat aspirasi yang ditentukan dalam mengambil suatu keputusan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak Asisten Manager bagian Pusat Pelayanan Satu Atap (PPSA) diperoleh 2 kriteria yang diinginkan oleh pihak perusahaan yaitu jumlah rata-rata kapal dalam antrian (L_q) tidak lebih dari 1 kapal dan waktu rata-rata kapal menunggu dalam sistem (W_s) tidak lebih dari 4 hari.

Maka dengan melakukan penambahan menjadi 4 *server* telah mengurangi jumlah rata-rata kapal dalam antrian (L_q) menjadi 1 kapal dan waktu rata-rata kapal menunggu dalam sistem (W_s) menjadi 4 hari.

4. KESIMPULAN

Penambahan jumlah *server* menjadi 4 buah untuk mengurangi jumlah kapal yang mengantri, maka nilai L_q menjadi $0,3745 \approx 1$ kapal. Untuk melihat besarnya kapasitas terminal curah kering salah satunya ditentukan oleh lamanya pelayanan. Dalam hal ini, diperoleh waktu lamanya pelayanan kapal adalah dengan mengurangi nilai W_s dengan nilai W_A maka didapat sebesar 3,157 hari per kapal. Terjadinya pengurangan waktu rata-rata kapal selama berada dalam sistem terminal curah

kering (W_s) dengan penambahan jumlah *server* menjadi 4 *server* dari keadaan aktual sebanyak 3 *server* yaitu $7,4202 \approx 8$ hari menjadi $3,6322 \approx 4$ hari. Dengan penambahan menjadi 4 *server* maka terjadi pengurangan rata-rata waktu kapal selama berada dalam garis antrian (W_A) dari keadaan aktual sebanyak 3 *server* yaitu $4,2636 \approx 5$ hari menjadi $0,4756 \approx 1$ hari untuk jumlah *server* sebanyak 4 buah.

DAFTAR PUSTAKA

- Boediono. 2004. Teori dan Aplikasi Statistik dan Probabilitas. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Hillier, Frederick and Lieberman Gerald. 2005. *Operations Research*. San Fransisco: Holden Day Inc.
- Kakiay, Thomas. 2004. *Dasar Teori Antrian Untuk Kehidupan Nyata*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Sinulingga, Sukaria. 2008. *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Taha, Hamdy. 1982. *Operations Research an Introduction*. New York: Macmillan Publishing Co, Inc.
- Walpole, Ronald. 1995. *Pengantar Statistik*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.